

Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával

¹ SZABÓ JÓZSEF, ¹ VÁRALLYAY GYÖRGY, ¹ PÁSZTOR LÁSZLÓ és
² SUBA ZSUZSA

¹ Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest
és ² Földmérési és Távérzékelési Intézet, Távérzékelési Központ, Budapest

Egy korszerű agrár-környezetgazdálkodási program végrehajtásának feltétele a talajkészletek és a talajt érő környezeti hatások objektív felmérése, valamint az állapotváltozások folyamatos nyomon követése, amelyhez a távérzékelés és a térbeli információs rendszerek jelentős segítséget nyújthatnak. A térbeli információs rendszerek adatainak és szolgáltatásainak, valamint a nagy felbontású (Landsat TM) űrfelvételek feldolgozásának összekapcsolásával a talajdegradációs folyamatok pontosabb nyomon követésére, monitorozására van lehetőség. Közleményünkben a PHARE MERA '92 Projekt magyarországi talajdegradáció térképezési munkálatait foglaljuk össze: a főbb talajdegradációs típusok lehatárolására, regionális térképezésére felhasznált adatbázisok és integrált térinformatikai rendszer felépítését, elemzési folyamatát és ennek eredményét, az ország területére előállított talajdegradáció térképet. Egy mintaterületre (Hortobágy) vonatkozóan pedig a szikesedés részletesebb térképezésének lehetőségét mutatjuk be több időpontú Landsat TM űrfelvételek feldolgozásával.

Bevezetés

A *talajdegradáció* a talaj anyagforgalmi folyamatainak kedvezőtlen irányú megváltozását jelenti, amely természeti okok vagy emberi beavatkozások hatására egyaránt bekövetkezhet (FAO, 1979, 1983). A talajt érő egyre növekvő mértékű és egyre sokoldalúbb stressz-terhelések és az emberi tevékenység által előidézett egyéb kedvezőtlen hatások nemcsak a talajt, hanem az alatta levő geológiai rétegek, vagy éppen a felszín alatti vizek fizikai, kémiai tulajdonságait is károsan befolyásol(hat)ják.

A talaj és az alatta fekvő mélyebb geológiai rétegek komplexitása, tér- és időbeni variabilitása, továbbá az ezekről rendelkezésre álló adatok növekvő mennyisége szükségessé teszi azok hatékony kezelését, hisz a „hagyományos”

talajtani térképek csak korlátozott mértékben használhatók fel egy több szempontú térbeli adatelemzéshez. A Földrajzi Információs Rendszerek (GIS) megjelenésével egy új számítógépes módszer segíti a valós világ térbeli modellezését, elemzését és nem utolsósorban megjelenítését.

A *távérzékelésnek* kulcsszerepe van a környezeti folyamatok különböző szintű monitorozásában és térképezésében, így a talajjal kapcsolatos információk hatékony gyűjtésében és a talajdegradációs folyamatok nyomon követésében is. Az utóbbi években igen sok nemzetközi és hazai kezdeményezés történt az űrfelvételek alkalmazására a különböző talajdegradációs folyamatok detektálásában, monitorozásában, térképezésében. HILL (1993), HILL és munkatársai (1995) a Földközi-tenger térségében az erózióveszély és a növényi fedettségben beálló változások nyomon követésére alkalmazták a távérzékelte képek egy új, kifinomult módszerrel történt elemzése (ún. spektrális keverési analízis) alapján nyert információt. KOK és munkatársai (1995) NOAA NDVI idősorokat használtak spanyolországi talajdegradációs térképezési munkáikhoz. A hangsúlyt szintén az eróziós folyamatok tanulmányozására helyezték. A szikesedési folyamatok jellemzése és nyomon követése távérzékeléssel nagy kihívást jelent a szikesedés által érintett országok (így hazánk) számára. LENNEY és munkatársai (1996) a Landsat TM képekből származtatott több időpontú vegetációs indexek alkalmazhatóságáról számoltak be az Egyiptom mezőgazdasági területein végbemenő szikesedési folyamatok térképezésében. TÓTH és munkatársai (1991) a növényzet általi indikáció lehetőségeit tanulmányozták a szikes talajok tulajdonságainak vizsgálatában, terepi reflektanciamérések felhasználásával. CSILLAG és munkatársai (1993), illetve PÁSZTOR és CSILLAG (1995) nagy felbontású reflektancia színeképek alapján eljárást dolgoztak ki szikes talajok spektrális jellemzésére, amelyben a talajtulajdonságok alapján definiált szikesedési osztályok felismerésére érzékeny, keskeny és széles sávokat azonosítottak.

A *térbeli információs rendszerek* adatainak és szolgáltatásainak összekapcsolása a távérzékelés útján nyert adatokkal a talajdegradációs folyamatok pontosabb nyomon követésére ad lehetőséget. A távérzékelési adatok és a talajtani adatbázisok egységes térinformatikai rendszerben történő kezelése, a különböző léptékű és pontosságú térbeli adatbázisok modellreprezentációs térképei (környezeti konfliktus térképek) alapján elvégezhető a talaj környezeti állapotának részletes és objektív felmérése, valamint a talajfolyamatok szabályozását célzó beavatkozások tervezése. Ezáltal egyre inkább lehetővé válik a talajdegradációs folyamatok és általánosan a földrajzi környezet állapotának térbeli és időbeni nyomon követése, prognosztizálása és a várható káros hatások megelőzése, kivédése.

A MERA talajdegradáció térképezési módszertan

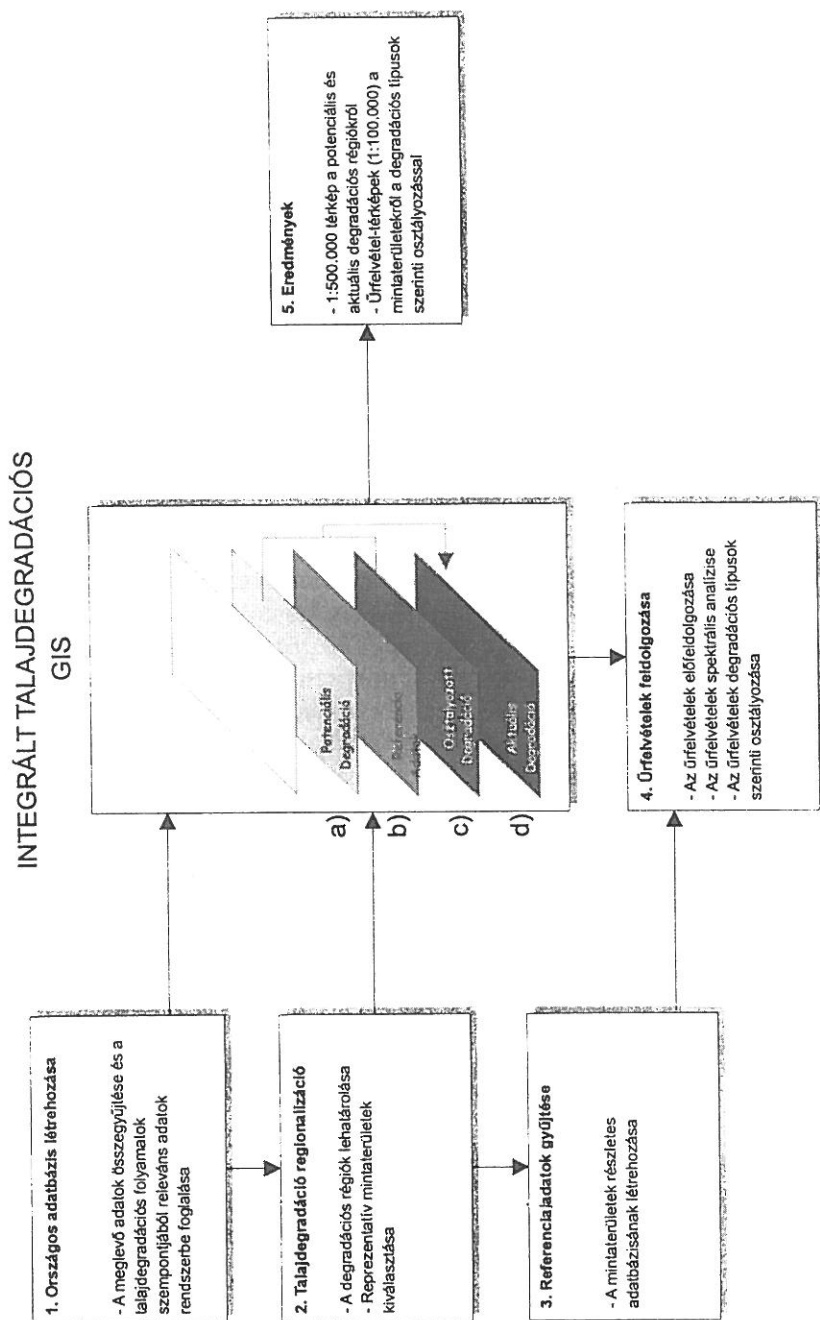
A PHARE MERA'92 projekt (MERA = MARS [Monitoring Agriculture with Remote Sensing] and Environment Related Applications) az Európai Unió által elindított, részben PHARE költségvetésből finanszírozott, hat közép-kelet-európai ország (Bulgária, Cseh Köztársaság, Lengyelország, Magyarország, Románia, Szlovák Köztársaság) részvételével, az EC JRC SAI (Joint Research Centre, Space Applications Institute = Egyesített Kutató Központ, Űr Alkalmazások Intézete) szakmai koordinálásával 1994 és 1996 között végrehajtott szub-regionális projekt. Hazánkban a Projekt irányítója és felelőse a nemzeti koordinátorként kijelölt FÖMI TK (Földmérési és Távérzékelési Intézet) volt. A négy alprojekt tematikája és végrehajtói: regionális területfelmérés (FÖMI TK), agrometeorológiai terméshozam modellezés (FÖMI TK), erdőökoszisztémák térképezése (Soproni Erdészeti és Faipari Egyetem a FÖMI TK-val együttműködve), talajdegradáció térképezés (MTA TAKI a FÖMI TK-val együttműködve).

A *talajdegradáció térképezési projekt* célja az aktuális és a potenciális talajdegradációs folyamatok regionális léptékű lehatárolása, osztályozása volt űrfelvételek elemzése alapján, valamint a távérzékelési adatokból szerkesztett digitális térképek és a kiegészítő digitális talajtani (és az azokhoz kapcsolódó egyéb környezeti) adatbázisok integrálása egy – a tájpusztulás és kedvezőtlen természeti adottságok modellezéséhez felhasználható – földrajzi információs rendszerben. A módszertan magában foglalja az ország főbb, degradáció által veszélyeztetett (a projekt nevezékatanával élve: potenciális degradációs) területeinek azonosítását és lehatárolását, a lehatárolt régiókon belül reprezentatív mintaterületek kiválasztását, ezen területekről készült űrfelvételek részletes feldolgozását és az aktuális degradációs veszélyeztetettség meghatározását a potenciális degradáció és az osztályozott űrfelvételek integrációja révén. A módszertan elvi felépítését az 1. ábra mutatja be. A továbbiakban a módszertan lépései szerint haladva a projekt magyarországi megvalósulását ismertetjük.

Talajdegradáció-térképezés Magyarországon

Adatgyűjtés

Az elmúlt 50 évben végzett magyarországi talajtani kutatások eredményeképpen nagy mennyiségű térképi és leíró adat halmozódott fel. Különböző felbontású térképek készültek országos (1:500 000), regionális (1:100 000), üzemi (1:10 000-1:25 000) és táblaszintű (1:5 000-1:10 000) célokra, különböző talajjal kapcsolatos tevékenységek tervezéséhez, kivitelezéséhez, ellenőrzéséhez. Nagy hangsúlyt kapott a talaj természetes okok miatt és/vagy ember által előidézett talajdegradációs folyamatok térképezése is. Az említett munkálatok különböző talajtani adatainak felhasználásával készültek – főként országos és regi-



1. ábra

A PHARE MERA '92 talajdegradáció-térképezési projekt módszertana

onális léptékben – komplex talajtani adatbázisok az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében (MTA TAKI) (VÁRALLYAY, 1993; 1995). Az adatbázis-építés az utóbbi években PC-s hardver és ARC/INFO-ArcView GIS szoftver környezetben történt (VÁRALLYAY et al., 1994; SZABÓ et al., 1998; PÁSZTOR et al., 1997).

A talajdegradációhoz kapcsolódó releváns adatokat főként az *Agrotopográfiai Adatbázisból* (AGROTOPO) nyerhetünk. Az 1:100 000-es méretarányú országos adatbázis az Agrotopográfiai térképsorozat (VÁRALLYAY, 1985) talajtani adataiból építkezik. A geometriai adatbázist az országos szinten homogénnek tekinthető agroökológiai egységek poligonjai alkotják, amelyekhez a termőhelyi adottságokat meghatározó főbb talajjellemzők tartoznak.

A másik jelentős adatforrás a *Magyar Digitális Talajtani és Domborzati Adatbázis* (HunSOTER), amely 1:500 000-es méretarányban, a talajtani adatok mellett, domborzati, topográfiai, talajvíz, földhasználati és meteorológiai adatokat tartalmaz (VÁRALLYAY et al., 1994). Az adatbázisban területi (főként földrajzi jellegű) és pontszerű (főként talajszelvényekre vonatkozó) adatok egyaránt megtalálhatók. A HunSOTER a Világ Talajtani és Domborzati Adatbázis (SOil and Terrain Digital Database; SOTER) része. A SOTER Projekt eredetileg egy 1:1 000 000 méretarányú, egységes alapelveken nyugvó, globális talajtani és domborzati digitális adatbázis megalkotását tűzte ki célként. A nemzetközi együttműködés keretében kialakított adatbázis módszertana olyan komplex és hierarchikus felépítésű adatszerkezetet határoz meg, amely lehetővé teszi különböző felbontású talajtani és domborzati adatok tárolását, kezelését. Az említett adatbázisok alkalmasak a talajok káros környezeti hatásokkal szembeni érzékenységének determinisztikus és sztochasztikus modellezésére is.

Talajdegradációs körzetek lehatárolása Magyarországon

A rendelkezésre álló információk feldolgozásával az alábbi degradációs formák kerültek elkülönítésre (SZABOLCS & VÁRALLYAY, 1978; VÁRALLYAY, 1989, 1994, 1995):

- talajsavanyodás (FILEP, 1988; VÁRALLYAY et al., 1986);
- víz vagy szél okozta talajerózió (STEFANOVITS, 1981; STEFANOVITS & VÁRALLYAY, 1992);
- túl könnyű mechanikai összetétel;
- túl nehéz mechanikai összetétel;
- sófelhalmozódás, szikesedés (FILEP, 1988; SZABOLCS, 1979);
- sófelhalmozódás és/vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben;
- láposodás, mocsarasodás;
- sekély termőréteg.

Az elkülönített degradációs formákra nem lehet egy egységes, abszolút (tértől és időtől független) kategóriarendszert definiálni, mert fontosságuk és hatásuk nagymértékben függ az aktuális földhasználatától, a növényborítottságtól,

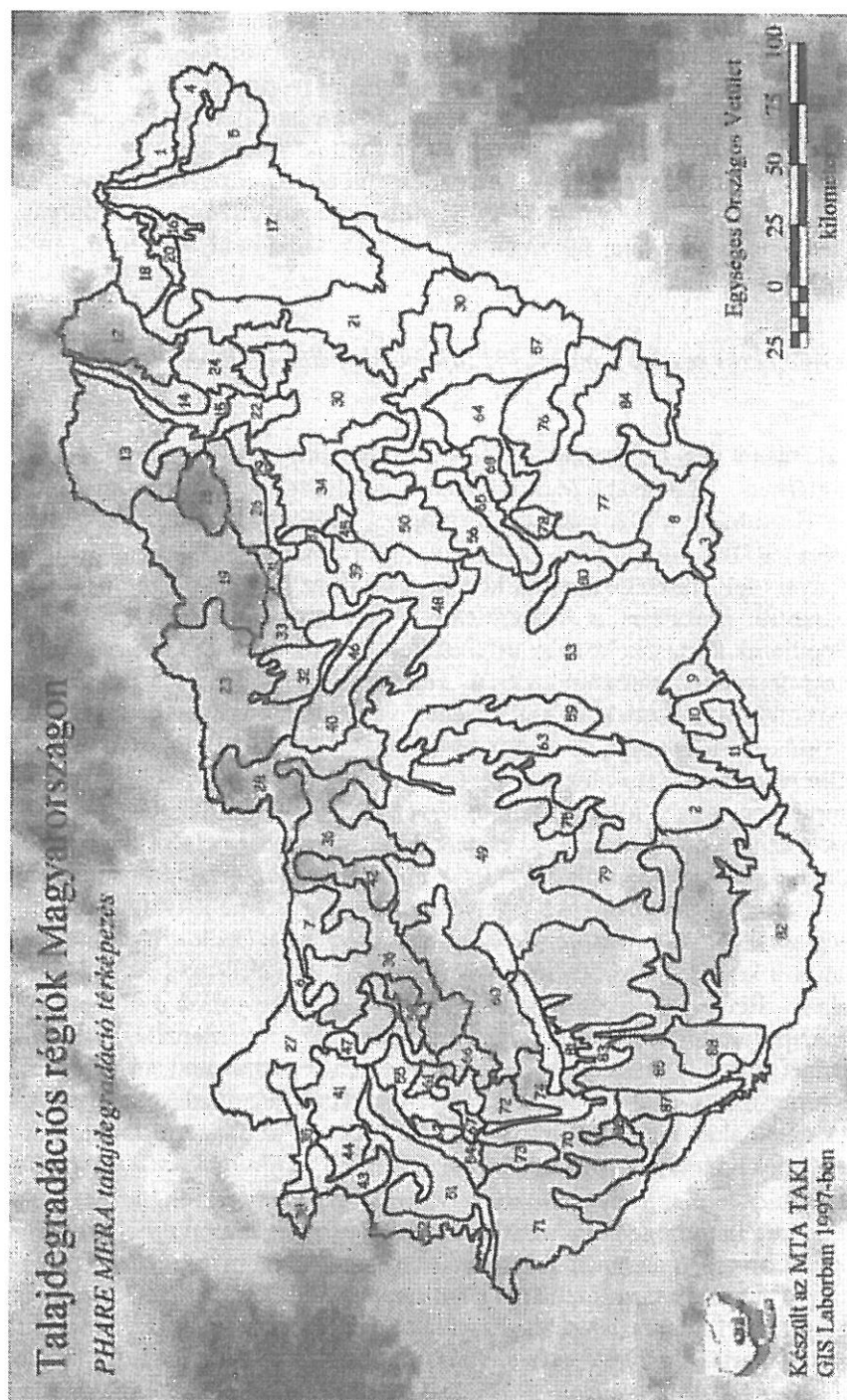
az alkalmazott agrotechnikától stb. Egy adott területen egyidejűleg több degradációs folyamat is előfordulhat, amikor azok komplex módon fejtik ki kedvezőtlen hatásukat a talaj anyagforgalmi folyamataira.

A különböző degradációs folyamatok által érintett területek regionális léptékű lehatárolására *integrált térbeli adatbázist* hoztunk létre. Az adatbázisból történő komplex lekérdezések segítségével határoztuk meg a ható tényezők: az erózió mértéke; a fizikai talajféleség, a kémhatás és mészállapot, a vízgazdálkodási tulajdonságok, a genetikai talajtípus, a termőréteg vastagsága, a talajvízszint mélysége, a meteorológiai viszonyok stb. térbeli viszonyait. A komplex degradációtérkép szerkesztése az egyedi degradációs tényezők együttes térbeli elemzése alapján történt. A régiók elhatárolásához segítségünkre volt a tájalkotó természeti tényezők kapcsolódása és kölcsönhatása alapján Magyarországra kidolgozott kistájkataszter (MAROSI & SOMOGYI, 1990; Magyarország Nemzeti Atlasza, 1979). Mindezek alapján 88 degradációs régiót különítettünk el az országban. Ezeket mutatjuk be a 2. ábrán. A régiók együttesen lefedik az ország egész területét, a szomszédos régiók földrajzilag elkülönülnek, nincs közöttük átfedés és a rájuk jellemző talajdegradációs folyamatok legalább egyikében különböznek. A régiók földrajzi jellemzése megtalálható a PHARE MERA '92 Projekt zárójelentésében (Land Degradation Mapping Final Report, 1996). A kijelölt degradációs régiók határainak jövőbeni pontosításához további információk integrálására van szükség.

A mintaterületekre vonatkozó referencia adatbázis összeállítása

Az űrfelvételek alkalmazásával történő képfeldolgozáshoz két, részletes térképezésre alkalmas – egymástól eltérő talajdegradációs folyamatokkal jellemezhető – régiót jelöltünk ki. A vizsgálandó két degradációs folyamat a szikesedés, illetve a vízerózió voltak. A kijelölt területek két-két szomszédos, 1:100 000-es méretarányú EOTR térképlap területével egyeznek meg (a 76-os és a 86-os, ill. az 58-as és a 68-as szelvények). A régiókon belül kijelölt *mintaterületeknek* a következő elvárásoknak kellett megfelelni: a választott mintaterületre az egész régió területén uralkodó felszínborítási típus legyen jellemző; a terület a régió legerősebben degradált részén helyezkedjen el; álljon rendelkezésre megfelelő számú és minőségű Landsat TM űrfelvétel és a CORINE felszínborítási adatbázis adatai; valamint a kiválasztott területek lehetőleg egyazon űrfelvételen legyenek.

A Hortobágyi Nemzeti Park területén lévő *mintaterület* a Nagyalföld szikes degradációs régiójának központi részén helyezkedik el, a Tisza és a Berettyó folyók vízgyűjtő területén. Uralkodó felszínborítási típusai a legelő, a füves puszta és a mezőgazdaságilag művelt terület. A területre jellemző talajtakaró a Tisza és mellékfolyói által főleg a holocén során lerakott alluviális üledékeken, valamint negyedkori lösz talajképző kőzeten alakult ki.



2. ábra
 Talajdegradációs régiók Magyarországon

A mátrai mintaterület Budapesttől ÉK-re fekszik, délről a Galgamácsa-Aszód-Hatvan-Jászárokszállás vonal, északról az országhatár fogja közre, nyugati irányban a Galga-völgyig, keletre Vámosgyörk-Gyöngyös-Cered vonaláig terjed. A terület magába foglalja a Cserhát és a Mátra lankás felszínét, amelyet az Ipoly ártere, a Zagyva és a Galga folyók és mellékfolyóik keskeny völgyei tesznek változatossá. A területen a csapadék térbeli és időbeni megoszlása szélsőséges, a nagy intenzitású esők és a hóolvadást követő felszíni lefolyás, amely a mélyen fagyott talaj felszínén szoliflukcióval párosul, erősen megnövelik az erózió lehetőségét.

A mintaterületekről készült Landsat TM űrfelvételek előfeldolgozása és előzetes vizsgálata

Az első lépés a vegetáció elkülönítése szempontjából legkedvezőbb időszakba eső – elérhető – Landsat TM űrfelvételek kiválasztása volt (Mátra: 1992. július 21., Hortobágy: 1992. március 8., május 2., július 21.). Az űrfelvételek feldolgozása ERDAS Imagine 8.2 szoftverrel történt. Az előfeldolgozás magába foglalta a nyers felvételek geometriai korrekcióját és az Egységes Országos Vétületi Rendszerbe illesztését, a teszterületek képkivágatainak elkészítését, valamint a települések kimaszkolását az űrfelvételekből. A különböző időpontú előfeldolgozott felvételek színkompozitjain végzett előzetes vizsgálatok célja a degradációs felszíni elemek felismerésének, detektálhatóságának vizsgálata volt, a felvételezés időpontja, az adatok térbeli és spektrális felbontása a rendelkezésre álló referenciaadatok függvényében.

A komplex és vegyes földhasználatú, növényzettel erősen fedett teszterületeken csak a szikesedés (Hortobágy) esetében volt megadható első közelítésben az erősebben vagy kevésbé szikes területek elkülönítése az űrfelvétel színkompozitok vizuális vizsgálatával. Az űrfelvételen megfigyelt néhány felszíni jellegzetesség alapján elkülönített területek térbeli kiterjedése és eloszlása jó egyezést mutatott a szikesedés potenciális veszélyeztetettségi térképpel az 1-4. (kevésbé szikes), illetve 5-6. (erősen szikes) kategóriák összevonása esetében. Az utóbbihoz kapcsolódó területeken a mezőgazdasági művelés intenzitásának és a táblaszerkezet homogenitásának csökkenése, és ezzel párhuzamosan a legelő, illetve a természetes fű/gyep területek részarányának növekedése figyelhető meg. Ezek detektálásában kulcsfontosságú volt a három különböző időpontú űrfelvétel együttes használata, amelyekkel jól el lehetett különíteni a fő vegetációtípusokat és felszíni elemeket (kalászos növények, kapás növények, természetes növényzet, tábla inhomogenitás, fedetlen területek stb.) és térbeli elhelyezkedésüket. Ezen túlmenően azonban a degradált területek további finomabb, pixelcsoport szintű azonosítására is lehetőség nyílt, a nagyobb Landsat TM felbontás miatt. Ez volt a célja a részletesebb vizsgálatoknak elsősorban a növényborítás képelemenkénti értékelésével (típus, fejlődés), a vizuális technikáknál fejlettebb kvantitatív osztályozási eljárások alkalmazásával és táblaszintű referencia ada-

tok (haszonnövények), illetve nagy méretarányú vegetációs térkép (természetes vegetáció) felhasználásával.

A szikesedés detektálása több időpontú Landsat TM űrfelvételek spektrális osztályozásával

A Landsat TM űrfelvételek kvantitatív elemzése során a mezőgazdasági haszonnövény és természetes vegetáció típusok képelem (pixel) szintű azonosítása az alábbi műveletek elvégzésén keresztül történt:

- a Hortobágy teszterület felosztása mezőgazdasági (Nagykunság) és nem-mezőgazdasági (Hortobágy) régióra, ún. strátumra;
- a több időpontú és többsávós űrfelvételek ISODATA klaszterezése és (legközelebbi szomszéd módszerrel) történő osztályozása földhasználat/vegetáció osztályokba ;
- vegetációs index ($NDVI = \text{Normalised Difference Vegetation Index} = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$) időkompozit (3 sáv megjelenítése: Red, Green, Blue = NDVI (júl. 12.), NDVI (máj. 2.), NDVI (márc. 8.)) előállítása és ISODATA klaszterezése;
- az elkülönített spektrális alosztályok NDVI időfüggvényeinek elemzése;
- spektrális alosztályok összevonása és tematikus alosztályokhoz rendelése a földhasználat/vegetáció típusa szerint a szikesedési formákkal összefüggésben.

Bár a mezőgazdasági strátumban (Nagykunság) a főbb haszonnövények és felszínborítási kategóriák, az igen alacsony NDVI értékek vagy nagyobb mértékű tábla inhomogenitások területei elég jól elkülöníthetők és lehatárolhatók voltak, ennek alapján azonban nem volt lehetséges a különböző szikesedési formák részletesebb felismerése. Az alkalmazott módszer eredményesebbnek bizonyult a nem-mezőgazdasági (Hortobágy) strátumban, főleg a több időpontú NDVI kép klaszterezésével és a klaszterekhez tartozó vegetációs index profilok elemzésével. Az osztályozás eredményeképpen előállított vegetációs térképen, különböző felszínborítottságú kategóriák mellett (pl. nyári haszonnövények és nádas, téli haszonnövények és lucerna, erdő, időszakos vízfolyások és tavak, vízfelszínek, kopár felszínek és kiszáradt tavak) 4 osztály lehatárolásával lehetett szoros kapcsolatot találni a szikesedéssel. Ezek az alábbiak voltak: füves szikes puszta, *Artemisia* szikes puszta, zsombék (kevésbé szikes), lösz sztyeppe (nem szikes).

Összegzés, a módszertan értékelése

A PHARE MERA'92 Projekt magyarországi talajdegradáció térképezési munkálatai során a fő talajdegradációs típusok lehatárolása és regionális térképezése a szükséges digitális térinformatikai rendszerek felépítése és elemzése alapján sikeresen megtörtént. Az elért eredmények azt mutatják, hogy a térbeli információs rendszerek igen hatékonyan alkalmazhatók regionális szinten a degradált és a potenciális talajdegradációs területek lehatárolásában. A több időpontú Landsat TM űrfelvételek kvantitatív elemzése jó indikációt jelentett a szikes területek és a szikesedés fokozatainak lokális körülhatárolására, jellemzésére a kiválasztott hortobágyi mintaterületen. A spektrális keveredések csökkentéséhez és az osztályozás pontosságának kvantitatív értékeléséhez további vizsgálatok és részletesebb referenciaadatok felhasználása szükséges.

Az ismertetett munka a PHARE MERA'92 szubregionális projekt (projekt szám: 94-0869) keretében valósult meg, az alprojekt végrehajtásának költségeit az EU DG I fedezte. A projekt módszertani, technikai koordinálását az EC JRC SAI végezte.

Irodalom

- CSILLAG, F., PÁSZTOR, L. & BIEHL, L. L., 1993. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment*. 43. 231–242.
- FAO, 1979. Provisional Methodology for Soil Degradation Assessment. FAO-UNEP-UNESCO. Rome.
- FAO, 1983. Guidelines for the Control of Soil Degradation. UNEP-FAO. Rome.
- FILEP Gy., 1988. Talajkémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- HILL, J., 1993. Monitoring land degradation and soil erosion in Mediterranean environments. *ITC Journal*. 4. 323–331.
- HILL, J. et al., 1995. Land degradation and soil erosion mapping in a mediterranean ecosystem. In: *Sensors and Environmental Application of Remote Sensing*. (Ed.: ASKNE, J.) 53–61. Balkema, Rotterdam.
- KOK, K. et al., 1995. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: A case study in Spain. *ITC Journal*. 3. 217–228.
- Land Degradation Mapping Final Report, 1996, MERA: MARS & Environment Related Applications, PHARE Programme, Contract 94-0869.
- LENNEY, M. P. et al., 1996. The status of agricultural lands in Egypt: The use of multi-temporal NDVI features derived from Landsat TM. *Remote Sensing of Environment*. 56. 8–20.
- Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MAROSI S. & SOMOGYI S. (Szerk.), 1990. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézete. Budapest.

- PÁSZTOR, L. & CSILLAG, F., 1995. Reduction of high resolution spectra: application to characterization of salinity status of soils. In: *Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing*. (Ed.: ASKNE, J.) 393–397. Balkema, Rotterdam.
- PÁSZTOR L. et al., 1997. A térinformatika és a távérzékelés alkalmazás talajdegradációs folyamatok térképezésében. In.: „VII. Földfelszíni és Meteorológiai Megfigyelések a világűrben” Szeminárium anyaga. 126–133. M. Asztronautikai Társ. Budapest.
- SZABÓ J. et al., 1998. Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. *Agrokémia és Talajtan*. 47. 63–75.
- SZABOLCS, I., 1979. Review of Research on Salt-Affected Soils. *Natural Resources Res.* XV. UNESCO. Paris.
- SZABOLCS I. & VÁRALLYAY GY., 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*. 27. 181–202.
- STEFANOVITS P., 1981. *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- STEFANOVITS, P. & VÁRALLYAY, GY., 1992. Status and management of soil erosion in Hungary. *Proc. US-Central and Eastern European Workshop on Soil Erosion Prevention and Remediation*, Budapest. Vol. I. 79–95.
- TÓTH, T. et al., 1991. Characterization of semi-vegetated salt-affected soils by means of field remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 37. 167–180.
- VÁRALLYAY GY., 1985. Magyarország 1:100 000 méretarányú agrotopográfiai térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 243–248.
- VÁRALLYAY, GY., 1989. Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Rehabilitation*. 1. 171–188.
- VÁRALLYAY, GY., 1993. Soil data-bases for sustainable land use: Hungarian case study. In: *Soil Resilience and Sustainable Land Use* (Eds.: GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I.) 469–495. CAB International. Oxon.
- VÁRALLYAY GY., 1994. Talaj–talajhasználat–talajvédelem. ELTE Természettudományi Kar „Természeti és Társadalmi Környezetünk” c. Kiadványa. Budapest. 3–71.
- VÁRALLYAY, G., 1995. Environmental problems and tasks of soil management for sustainable development. Mosonmagyaróvár–Columbia.
- VÁRALLYAY GY. et al., 1986. A légköri savas ülepedés hatása a talajra Magyarországon. *Időjárás*. 90. 169–180.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1994. SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500 000 and its application in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. 43. 87–108.

Érkezett: 1998. április 2.

Integration of Remote Sensing and GIS Techniques in Land Degradation Mapping on a National (1:500 000) and Regional (1:100 000) Scale

¹J. SZABÓ, ¹GY. VÁRALLYAY, ¹L. PÁSZTOR and ²ZS. SUBA

¹ Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences and ² FÖMI Remote Sensing Centre, Budapest

Summary

Remote sensing is one of the key tools in monitoring regional environmental processes. The application of satellite imagery can play an important role in the detection of different soil and terrain degradation processes. There have been several initiatives for the application of the information content of satellite images for detecting, mapping and/or monitoring various types of land degradation processes.

In the present paper the results of Hungarian activities carried out within the framework of the Land Degradation Mapping Sub-Project of PHARE MERA '92 are reported. Based on the large amount of relevant information an integrated geographic information system was compiled providing a basis for mapping actual land degradation risks. Based on the information collected the following land degradation factors were distinguished and identified: acidification, water and wind erosion; extremely coarse texture; extremely heavy texture; salinization/alkalization; salinization/alkalization in the deeper layers; waterlogging; and shallow depth.

Territories affected by various limiting factors of soil fertility were determined by the complex queries of integrated GIS, evaluating the relevant influencing factors. The generalization and merging of the maps for individual degradation factors resulted in the compilation of a complex degradation map. Using Hungary's microregional landscape units, the physiographical delineation of land degradation resulted in 88 regions, which were then thoroughly characterized.

The land degradation regions of the country were identified and delineated on a scale of 1:500,000; for two test areas more detailed reference data sets were compiled on a scale of 1:100,000 including Landsat TM multitemporal images. In these test areas the erosion and salinization/alkalization processes were investigated more thoroughly. The stratification of the salinization/alkalization test area and the application of isodata clustering and temporal profile analysis of multitemporal NDVI images showed encouraging results in the detection of various land cover types and even in discriminating subclasses related to the salinity/alkalinity status of the soils.

Based on the results achieved, GIS analysis techniques and multitemporal satellite image analysis methods can be jointly used very successfully to delineate potential and actual land degradation risk areas at regional level.

Figure 1. PHARE MERA Land Degradation Mapping Methodology. Integrated GIS for land degradation. 1. Ancillary database completion. 2. Land degradation risk regionalization. 3. Reference data collection. 4. Satellite image processing. 5. Results. a) Potential risk of degradation; b) Reference data; c) Classified degradation; d) Actual risk of degradation.

Figure 2. Land degradation regions in Hungary.